



Universidad Autónoma del Estado de México
Centro Universitario UAEM Valle de México



CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO

PROGRAMA EDUCATIVO INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIDAD DE APRENDIZAJE METROLOGÍA

UNIDAD DE COMPETENCIA IMPORTANCIA Y NECESIDAD DE LAS MEDICIONES

Dr. en C. en. Ing. José Guadalupe Miranda Hernández
jgmirandah@uaemex.mx

AGOSTO 2018

UNIDAD DE APRENDIZAJE



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM VALLE DE MÉXICO
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA PERMANENTE DE ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje

METROLOGÍA

Elaborado por:

Prof. Rodolfo Mejía corona y Ing. Jesús Villasana Aguilar
Profesor de asignatura
Fecha: Octubre 2010

Actualizado por:

Dr. José Gpe. Miranda Hernández
Profesor-Investigador
Fecha: 18 de Junio de 2012



Revisado por:

La Comisión Permanente de Elaboración y Actualización de Unidades de Aprendizaje de
la Academia de Ingeniería Industrial del Centro Universitario UAEM Valle de México
Fecha: 13 de septiembre de 2012

Aprobado y avalado por:

H. Consejo Académico
del Centro Universitario UAEM Valle de México
Acta en Sesión Extraordinaria no.: 28
Fecha: 17 de septiembre de 2012

H. Consejo de Gobierno
del Centro Universitario UAEM Valle de México
Acta en Sesión Extraordinaria no.: 28
Fecha: 17 de septiembre de 2012



UNIDAD DE APRENDIZAJE



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Valle de México

Coordinación de Ingeniería Industrial

Programa Permanente de Elaboración y Actualización de Unidades de Aprendizaje

III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| Núcleo de formación: | Sustantivo Profesional |
| Área Curricular: | Ciencias de la Ingeniería |
| Materia: | Ingeniería Mecánica |
| Carácter: | Obligatorio |
| Modalidad: | Presencial |

IV. Objetivos y competencias genéricas de la Unidad de Aprendizaje

Conocer detalladamente los conceptos y las características de los técnicas y equipos de medición de parámetros mecánicos, eléctricos, térmicos y mecánicos con la finalidad de poseer la habilidad para su uso y manejo, conocer los procedimientos para la aplicación de la normalización en materia de metrología y conocer el procedimiento de calibración para los instrumentos de medición en los procesos industriales

Competencias Genéricas:

- Recolectar y analizar los requerimientos de información
- Proponer soluciones preventivas y correctivas, eficientes y eficaces cuando durante su formación académica y sobre todo, durante su desarrollo profesional se enfrente a la problemática real durante el funcionamiento de los equipos.

UNIDAD DE APRENDIZAJE



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Valle de México

Coordinación de Ingeniería Industrial

Programa Permanente de Elaboración y Actualización de Unidades de Aprendizaje

VI. Estructura de la Unidad de Aprendizaje

| Unidades de competencia | Unidades temáticas | | Subtemas | |
|--|--------------------|--|----------|-----------------------------------|
| 1. Importancia y necesidad de las mediciones | 1.1 | Introducción | | |
| | 1.2 | La metrología como ciencia | | |
| | 1.3 | Fundamentos metrológicos | | |
| | 1.4 | La experiencia y la metrología en la ciencia | | |
| | 1.5 | Necesidad e importancia de las mediciones | | |
| | 1.6 | Sistemas de unidades de medida y patrones | | |
| | 1.7 | Lenguaje de las mediciones y conversiones | | |
| 2. Errores en la medición | 2.1 | Errores en la medición y tipos | | |
| | 2.2 | Errores en el proceso de medición | | |
| | 2.3 | Causas de error en un proceso de medición | | |
| | 2.4 | Medidas preventivas de errores de medición | | |
| | 2.5 | Medición y registro | | |
| 3. Calibración y uso de patrones | 3.1 | Patrones de medición | 3.1.1 | Calibradores y patrones |
| | 3.2 | Ajustes y tolerancias | 3.1.2 | Medición con calibradores básicos |
| 4. Instrumentos de medida, verificación de magnitudes lineales y angulares | 4.1 | Instrumentos básicos | 4.1.1 | Regla |
| | | | 4.1.2 | Compás |
| | | | 4.1.3 | Lainas |
| | | | 4.1.4 | Patrones de radios |
| | | | 4.1.5 | Cuenta hilos |

GUIÓN

En este material se muestra el objetivo general de la Unidad de Competencia y se desarrollan las Unidades Temáticas que se consideran en esta Unidad. El desarrollo de este material inicia con una introducción sobre la metrología en la ingeniería para después continuar con el desarrollo de los temas que ocupan a este trabajo mediante tablas e imágenes que deben ser enriquecidas por el profesor en la explicación y presentación del material a los estudiantes.

Este material no es el sustituto de un apunte es un apoyo didáctico que pretende ser ilustrativo, objetivo y concreto con el fin de ser un apoyo para el profesor o refuerzo conceptual para el estudiante en el fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje.

UNIDAD DE COMPETENCIA 1

Importancia y necesidad de las mediciones



Objetivo

Conocer y aplicar los conceptos básicos de las mediciones , así como las unidades mas utilizadas para expresar diversos tipos de magnitudes.

Unidades Temáticas

- 1.1 Introducción.
- 1.2 La metrología como ciencia.
- 1.3 Fundamentos metrológicos.
- 1.4 La experiencia y la metrología en la ciencia.
- 1.5 Necesidad e importancia de las mediciones.
- 1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones
- 1.7 Lenguaje de las mediciones y conversiones

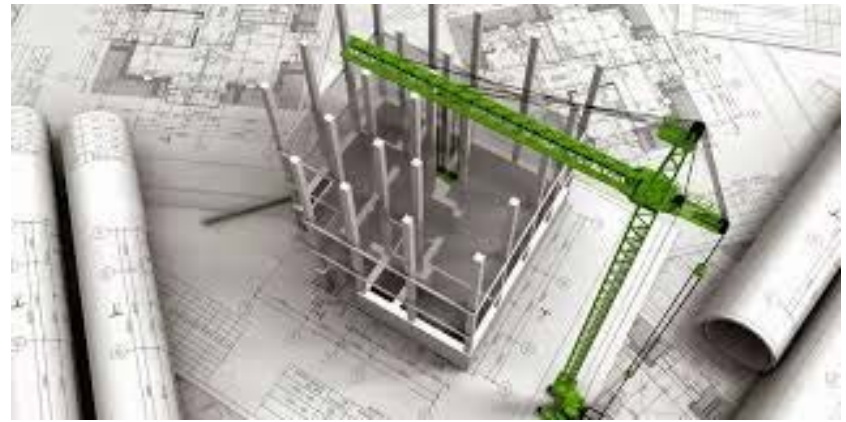
1.1 Introducción

En la vida cotidiana realizamos mediciones de manera muy habitual. Lo hacemos cuando pesamos la fruta que compramos, cuando observamos la velocidad de nuestro vehículo o al medir la temperatura corporal cuando sentimos malestar físico. Necesitamos hacer mediciones de manera precisa, pues de lo contrario no podríamos valorar objetivamente ciertas situaciones de la vida diaria.



1.1 Introducción

Comprende la rama científica que se centra en el estudio de los diferentes sistemas de medición. Se trata de una ciencia auxiliar, pues los datos que aporta son aplicables a todo tipo de disciplinas científicas y aplicadas.



1.1 Introducción

Esta ciencia tiene como principal objetivo la evaluación correcta de cualquier medición. Para que esto sea posible hay que tener en cuenta una serie de indicadores o parámetros. En primer lugar, una medición repetida debe ofrecer unos resultados siempre iguales (en el lenguaje de la metrología esta característica es conocida como repetibilidad).

METROLOGÍA

“El arte de las mediciones correctas y confiables”

"La Metrología es la ciencia de la medición, y comprende todos los aspectos tanto teóricos como prácticos referentes a las mediciones".

“Es la rama de la física que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalización mediante la trazabilidad. Acorta la incertidumbre en las medidas mediante un campo de tolerancia. Incluye el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema de pesos y medidas”.

1.1 Introducción

BENEFICIOS DE LA METROLOGÍA EN LA INDUSTRIA

Proporciona confianza e información sobre la variabilidad de los procesos para su control y mejoramiento. La metrología encierra grandes ventajas y beneficios para todos los sectores industriales, destacando los siguientes:

- **Incremento en el nivel de calidad de los productos.**



- **Disminución de rechazos.**



- **Aumento de la productividad.**



1.1 Introducción

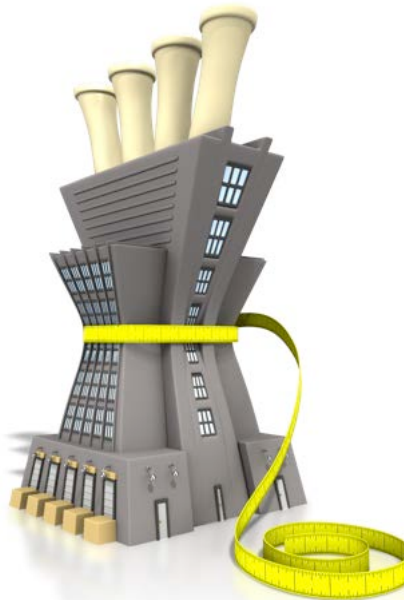
BENEFICIOS DE LA METROLOGÍA EN LA INDUSTRIA

Proporciona confianza e información sobre la variabilidad de los procesos para su control y mejoramiento. La metrología encierra grandes ventajas y beneficios para todos los sectores industriales, destacando los siguientes:

- **Promueve el desarrollo de un sistema armonizado de medidas, necesarios para que la industria sea competitiva.**



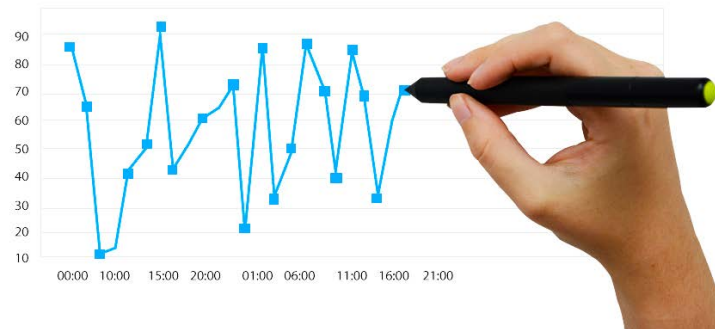
- **Disminución de costos.**



1.1 Introducción

IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

La medición entra en prácticamente todas las operaciones comerciales, desde la adquisición de materia prima, hasta la venta al detalle de productos al consumidor.



Para la realización de estas operaciones, la metrología proporciona los medios técnicos necesarios con el fin de asegurar medidas correctas, mediante la implementación de un sistema armonizado de mediciones (Sistema Internacional de Unidades), la exactitud de los instrumentos de medida y métodos validados de medición.



1.1 Introducción

IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

Gran parte de los procesos de producción modernos se caracterizan por el ensamblaje de partes y componentes comprados en el mercado internacional, provenientes de distintos países y de diferentes industrias. Esto implica la aplicación de sistemas de medidas uniformes y fiables que garanticen el intercambio de las partes, y la compatibilidad de las especificaciones eléctricas.



1.1 Introducción

IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

Por otro lado, el precio de los productos comercializados se deriva de la cantidad declarada en la etiqueta, la cual normalmente se determina por medición. Obviamente los precios correctos dependerán de mediciones correctas, y para lograr estas es necesario verificar y calibrar los instrumentos de medición. En ambos casos, el resultado de un equipo de medición se compara con el de otro instrumento de mayor exactitud, conocido como patrón.



1.2 La metrología como ciencia

CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA

La Metrología de acuerdo a su campo de aplicación se clasifica en: Metrología Legal, Metrología Industrial y Metrología Científica.

a) Metrología Científica

Es la que define las unidades de medida y desarrolla técnicas para la conservación e implementación de las mismas. En este campo se investiga intensamente para mejorar los patrones, las técnicas y métodos de medición, los instrumentos y la exactitud de las medidas. Se ocupa, entre otras, de actividades como:

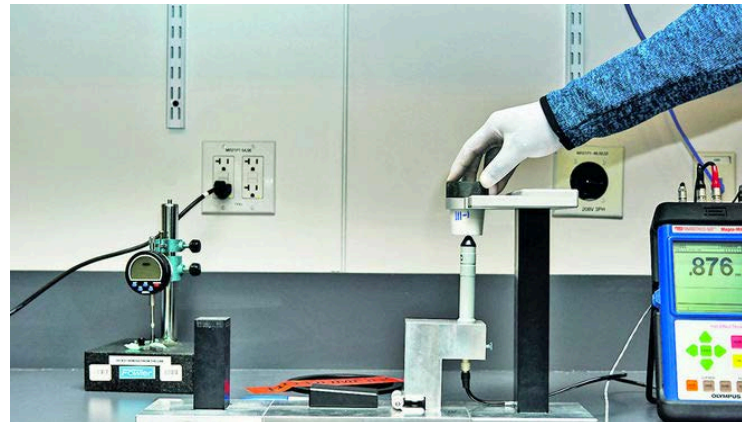
- Mantenimiento de patrones internacionales.
- Búsqueda de nuevos patrones que representen o materialicen de mejor manera las unidades de medición.

1.2 La metrología como ciencia

CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA

Objetivo de la metrología científica

Reducir al máximo el riesgo de que el equipo de medición produzca resultados con errores fuera de tolerancias y cuidar que se mantenga dentro de los límites aceptables. Se pueden utilizar técnicas estadísticas apropiadas para analizar los resultados de calibraciones anteriores. Es recomendable que los errores atribuibles a las calibraciones sean las más pequeños posibles. Las revisiones periódicas de los buenos funcionamientos de los equipos nos pueden ahorrar muchos problemas y, por consiguiente, ahorrar muchos pesos.



1.2 La metrología como ciencia

CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA

Desarrollo de la metrología científica

El desarrollo de la metrología proporciona múltiples beneficios al mundo industrial.

Promueve el desarrollo de un sistema armonizado de medidas, análisis ensayos exactos, necesarios para que la industria sea competitiva.

Facilita a la industria las herramientas de medida necesarias para la investigación y desarrollo de campos determinados y para definir y controlar mejor la calidad de los productos.



1.2 La metrología como ciencia

CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA

b) Metrología Legal



Está orientada a proteger al consumidor, y es realizada por el Estado, para garantizar que lo indicado por el fabricante cumple con los requerimientos técnicos y jurídicos reglamentados en el país.

El objetivo de la Metrología Legal es básicamente dar seguridad al público en general, en aspectos tales como:

- Contenido de productos preempacados.
- Verificación de balanzas.
- Control de bombas de combustibles.
- Control de medidores de consumo eléctrico, etc.



1.2 La metrología como ciencia

CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA

b) Metrología Industrial

Esta persigue promover la competitividad industrial a través de la mejora permanente de las mediciones que inciden en la calidad del producto. Comprende todas las actividades metrológicas que requiere la industria para cumplir con calibraciones, trazos, servicios y aseguramiento metrológico como soporte de un sistema de gestión de la calidad.



1.3 Fundamentos de la metrología

MAGNITUD: las magnitudes son cualidades o características de los cuerpos susceptibles de ser medidas o comparadas cuantitativamente con números y con un patrón o unidad básica.



VALOR (de una magnitud): Expresión cuantitativa de una magnitud particular, generalmente en forma de una unidad de medida multiplicada por un número.



MEDIR: es comparar la magnitud de una variable con una unidad de medida.

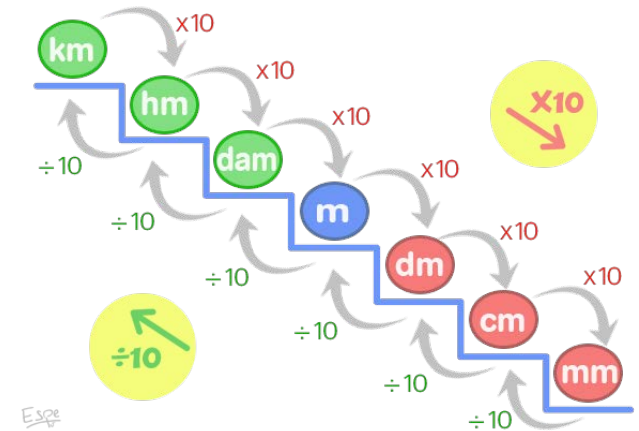


1.3 Fundamentos de la metrología

ESCALA: Conjunto ordenado de marcas, con una numeración asociada que forma parte de un dispositivo indicador de un instrumento de medición.

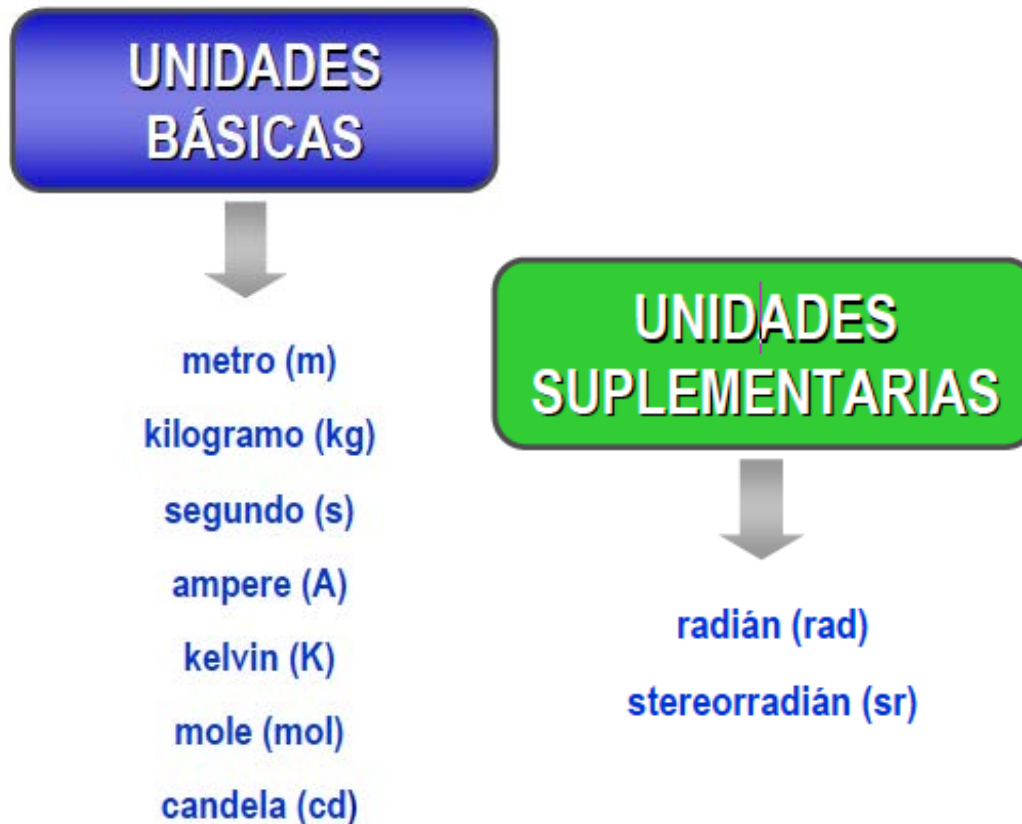
RESOLUCIÓN: La mejor diferencia de indicación de un dispositivo que puede percibirse en forma significativa.

SENSIBILIDAD: Cambio en la respuesta de un instrumento de medición dividido por el correspondiente cambio del estímulo.



1.3 Fundamentos de la metrología

UNIDADES DE MEDIDA



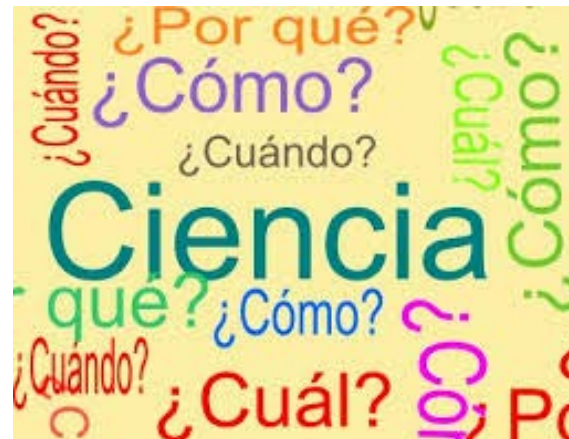
1.4 La experiencia y la metrología en la ciencia

La ciencia está cimentada sobre algunos conceptos básicos y éstos, a su vez, se derivan de las medidas, relaciones y comparaciones obtenidas en experimentos científicos.

Experimentación

El experimento es una práctica científica en el cual se provoca algún fenómeno para observar e interpretar su resultado y así comprobar el grado de validez de una hipótesis.

El creador del método experimental fue Galileo Galilei. Dedicó su vida a la investigación científica, de la cual son resultado sus estudios relacionados con la medición del tiempo, el movimiento, la flotación de los cuerpos y la naturaleza del calor.



1.4 La experiencia y la metrología en la ciencia

Es considerado el creador del método experimental en la física, por establecer que cualquier afirmación relacionada con algún fenómeno propio de esta materia debería estar basada en experimentos y observaciones detalladas.

El método que Galileo proponía para el estudio de los fenómenos de la naturaleza era contrario a los pensamientos de su época, por lo cual sus ideas fueron rechazadas, lo que no le impidió continuar sus investigaciones.



1.4 La experiencia y la metrología en la ciencia

Las condiciones en que se desarrolla un experimento deben estar planeadas y controladas. Cuando éstas cambian, el fenómeno debe controlarse con el fin de lograr una interpretación confiable de los resultados de las mediciones. La observación es parte del experimento que está sujeta a las condiciones controladas por el investigador.

Mediante un experimento se puede:

- Analizar cuáles son las variables (condiciones que cambian cuando se realizan experimentos).
- Discriminar y controlar las variables por investigar.
- Obtener datos precisos.
- Interpretar de forma objetiva resultados.
- Los resultados, producto de la experimentación en el laboratorio, generan datos útiles en elaboraciones teóricas posteriores.

1.5 Necesidad e importancia de las mediciones

La importancia de realizar una medición sobre algo radica en la obtención de un dato desconocido en referencia a su comparación con un dato conocido, siendo el primero la característica inherente al objeto que será medido con el instrumental de medición adecuado, mientras que lo segundo es la unidad de medición que hemos empleado para realizar la comparación.



1.5 Necesidad e importancia de las mediciones

En la vida diaria constantemente se hacen mediciones, por ejemplo: el tiempo que se tarda en trasladarse de un lugar a otro, la cantidad de mercancía que se compra, entre otras. Las mediciones son importantes tanto en la vida cotidiana, en la industria y en la experimentación.



1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Sistema Internacional de Unidades (SI)

En 1960, la Conferencia General de Pesos y Medidas (C.G.P.M) como autoridad suprema de esa época, adoptó el nombre de Sistema Internacional de Unidades (SI) para el conjunto de unidades de medida basadas en el sistema métrico. El SI está hoy en día en uso en más de 100 países. Está formado por siete unidades básicas o llamadas fundamentales, las cuales son empleadas para medir magnitudes básicas de física.

| SISTEMA INTERNACIONAL UNIDADES BASE | | |
|-------------------------------------|---------------|---------|
| Magnitud | Nombre Unidad | Símbolo |
| Longitud | el metro | m |
| Masa | el kilogramo | kg |
| Tiempo | el segundo | s |
| Intensidad de Corriente Eléctrica | el Ampere | A |
| Temperatura Termodinámica | el Kelvin | K |
| Cantidad de Materia | la mole | mol |
| Intensidad Luminosa | la candela | cd |

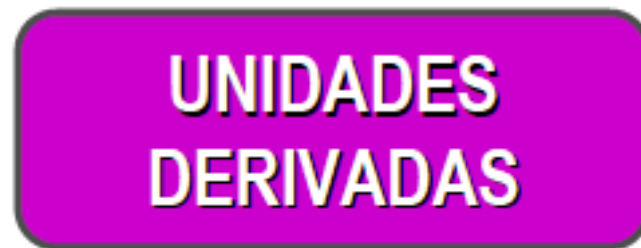
1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Sistemas de Medidas

| | | Cantidades Fundamentales | | | Cantidades Derivadas | | | GRAVEDAD |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Sistemas | | MASA | LONGITUD | TIEMPO | FUERZA | ENERGIA | VELOCIDAD ANGULAR | |
| Absolutos | SISTEMA INTERNACIONAL | Kilogramo Kg | Metro m | Segundo s | Newton N 10 ⁵ Dinass | Joule J | Radianes/ Segundo Rad/s | 9.81 m/s ² |
| | SISTEMA INGLÉS | Libra Lb | Pie | Segundo s | Pundal Pdl | Pdl.Pie | Radianes/ Segundo Rad/s | 32.2 pie/s ² |
| Gravitacionales | SISTEMA TÉCNICO PRÁCTICO | Unidad Técnico Métrica | Metro m | Segundo s | Kilogramo- fuerza Kgf | Kilogramo- masa Kgm | Radianes/ Segundo Rad/s | 9.81 m/s ² |
| | SISTEMA TÉCNICO INGÉS | Slug | Pie | Segundo s | Libra-fuerza Lbf | Lbf.Pie | Radianes/ Segundo Rad/s | 32.2 pie/s ² |
| | CENTIMETRO GRAMO SEGUNDO | Gramo Gr | Centímetro cm | Segundo s | Dina | Ergio | Radianes/ Segundo Rad/s | 980 cm/s ² |
| CONVERSIONES | | 1 slug = 14.59 kg | 1 pie = 12 pulg | | 1 Lb = 4.448 N | MULTIPLoS | PREFIJO | SIMBOLO |
| | | | 1 pie = 0.3048 m | | | 10 ¹² | Tera | T |
| | | | 1 milla = 5280 pie | | | 10 ⁹ | Giga | G |
| | | | 1 pulg = 2.54 cm | | | 10 ⁶ | Mega | M |
| | | | | | | 10 ³ | Kilo | K |
| | | | | | | SUBMULTIPLoS | PREFIJO | SIMBOLO |
| | | | | | | 10 ⁻³ | Mili | m |
| | | | | | | 10 ⁻⁶ | Micro | μ |
| | | | | | | 10 ⁻⁹ | Nano | n |
| | | | | | | 10 ⁻¹² | pico | p |

1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

A partir de este conjunto coherente de unidades de medición se establecen otras unidades derivadas, mediante las cuales se miden diversas magnitudes tales como velocidad (m/s), aceleración (m^2/s), fuerza (N), presión (Pa), energía (J) y resistencia eléctrica (Ω), entre otras.



newton (N)

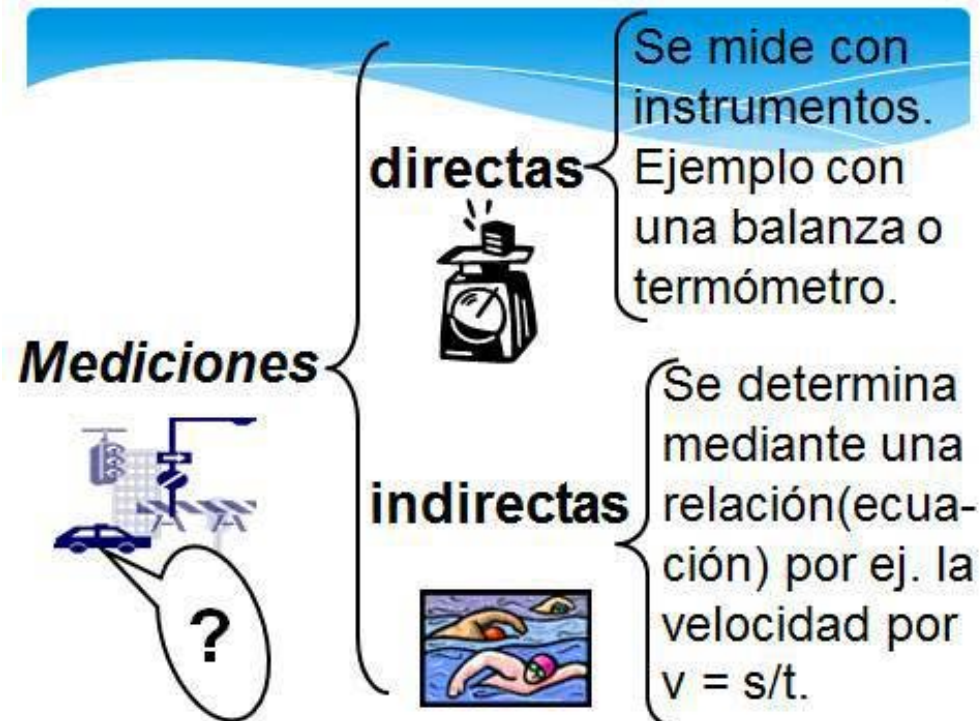
joule (J)

pascal (Pa)

1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Las mediciones pueden ser **directas** o **indirectas**. Las primeras consisten en comparar la magnitud a medir con una escala material y hacer un conteo de las unidades y submúltiplos de la escala que tiene la magnitud.

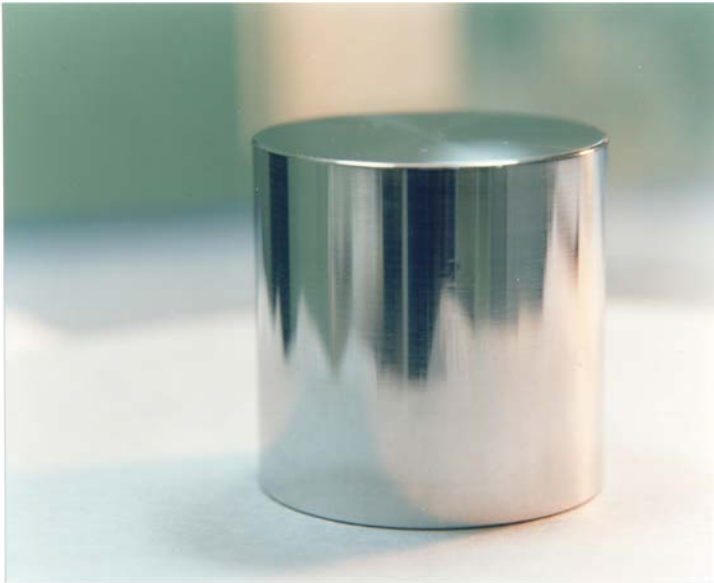
Una medición indirecta generalmente presupone una directa y un cálculo matemático; por ejemplo: para medir el área de un círculo.



1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Que es un patrón

Un patrón puede ser un instrumento de medición, una medida materializada, un material de referencia o un sistema de medida destinado a definir, realizar o reproducir una unidad o varios valores de magnitud para que sirvan de referencia.



Masa patrón

Aleación de platino-iridio a un 90% platino y 10% iridio, tiene una densidad de 21500 kg/m^3 .

La unidad de masa es el “kilogramo” (kg), que fue definida en la 1ª Conferencia General de Pesas y Medidas, en 1898, como la masa del Prototipo Internacional del Kilogramo (IPK), depositado en el Bureau International de Pesas y Medidas (BIPM), en Sèvres, París.

1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Metro patrón

1889

El [28 de septiembre](#) de [1889](#) la Comisión Internacional de Pesos y Medidas adoptó nuevos prototipos para el metro y, después, para el kilogramo, los cuales se materializaron en un metro patrón de [platino](#) e [iridio](#) depositados en cofres situados en los subterráneos del pabellón de Breteuil en [Sèvres](#), [Oficina de Pesos y Medidas](#), en las afueras de París.

1960

La 11.^a Conferencia de Pesos y Medidas adoptó una nueva definición del metro: «1 650 763,73 veces la longitud de onda en el vacío de la radiación naranja del átomo del criptón 86». La precisión era cincuenta veces superior a la del patrón de 1889. (Equivalencias: una braza = 2,09 m; un palmo = 0,2089 m).

1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Importancia de la calibración de los equipos de ensayo

El comportamiento de los equipos de medición y ensayo puede cambiar en el transcurso del tiempo debido a la influencia ambiental, el desgaste natural, la sobrecarga, o por un uso inapropiado. Por lo tanto la exactitud del resultado de la medición de un equipo necesita ser comprobado en el tiempo.



1.6 Sistemas de unidades de medida y patrones

Importancia de la calibración de los equipos de ensayo

Para poder realizar esto, el valor de una cantidad medida por el equipo se compara con el valor de la misma cantidad proporcionada por un patrón de medida, este procedimiento se conoce como calibración.

La comparación con patrones revela si la exactitud del equipo de medida está dentro de las tolerancias especificadas por el fabricante o dentro de los márgenes de error prescrito.

Con los resultados de la calibración, se conoce la desviación que tiene el instrumento con respecto al patrón que representa el valor correcto, y esto nos permite corregir sus lecturas de medida.

1.7 Lenguaje de las mediciones y conversiones

La conversión de unidades es la transformación del valor numérico de una magnitud física, expresado en una cierta unidad de medida, en otro valor numérico equivalente y expresado en otra unidad de medida de la misma naturaleza.

Unidades de Longitud

| Métrico | | Imperial |
|--------------|---|-------------------|
| 1 milímetro | = | 0.0394 pulgadas |
| 1 centímetro | = | 0.3937 pulgadas |
| 1 metro | = | 1.0936 yardas |
| 1 kilómetro | = | 0.6214 millas |
| Imperial | | Métrico |
| 1 pulgada | = | 2.54 centímetros |
| 1 pie | = | 0.3048 metros |
| 1 yarda | = | 0.9144 metros |
| 1 milla | = | 1.6093 kilómetros |

1.7 Lenguaje de las mediciones y conversiones

TABLAS DE CONVERSIÓN DE UNIDADES (distancia, área, volumen, masa)

| | mm | cm | dm | m | dam | hm | km |
|------------|---------|--------|-------|-------|--------|---------|----------|
| milímetro | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 | 0.0001 | 0.00001 | 0.000001 |
| centímetro | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 | 0.0001 | 0.00001 |
| decímetro | 100 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 | 0.0001 |
| metro | 1000 | 100 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 | 0.001 |
| decámetro | 10000 | 1000 | 100 | 10 | 1 | 0.1 | 0.01 |
| hectómetro | 100000 | 10000 | 1000 | 100 | 10 | 1 | 0.1 |
| kilómetro | 1000000 | 100000 | 10000 | 1000 | 100 | 10 | 1 |

| | metro | pulgada (in) | pie (ft) | yarda (yd) | milla (mi) | angstrom (Å) | micrón (μ) |
|----------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|----------------|
| metro | 1 | 39.37007874 | 3.280839895 | 0.914399999 | 0.000621371 | 1000000 | 10000000000 |
| pulgada | 0.0254 | 1 | 0.083333333 | 0.02322576 | 1.57828×10^{-05} | 25400 | 254000000 |
| pie | 0.3048 | 12 | 1 | 0.27870912 | 0.000189394 | 304800 | 3048000000 |
| yarda | 1.0936133 | 43.05564173 | 3.587970144 | 1 | 0.00067954 | 1093613.3 | 10936133000 |
| milla | 1609.344 | 63360 | 5280 | 1471.584151 | 1 | 1609344000 | 16093440000000 |
| angstrom | 1.0×10^{-06} | 3.93701×10^{-05} | 3.28084×10^{-06} | 9.144×10^{-07} | 6.21371×10^{-10} | 1 | 10000 |
| micrón | 1.0×10^{-10} | 3.93701×10^{-09} | 3.28084×10^{-10} | 9.144×10^{-11} | 6.21371×10^{-14} | 0.0001 | 1 |

| | mm² | cm² | cm² | m² | dam² | hm² | km² |
|-------------|-----|------|--------|----------|------------|--------------|----------------|
| milímetro² | 1 | 0.01 | 0.0001 | 0.000001 | 0.00000001 | 0.0000000001 | 0.000000000001 |
| centímetro² | 100 | 1 | 0.01 | 0.0001 | 0.000001 | 0.00000001 | 0.0000000001 |

1.7 Lenguaje de las mediciones y conversiones

| LONGITUD | | | | | |
|------------|---------------------|--------|------------------------|----------------------|---------|
| | centímetro | metro | Kilómetro | Pulgada | Pie |
| centímetro | 1 | .01 | 1×10^{-5} | 0.3937 | 0.03281 |
| metro | 100 | 1 | .001 | 39.37 | 3.281 |
| Kilómetro | 1×10^5 | 1000 | 1 | 3.937×10^4 | 3281 |
| pulgada | 2.54 | 0.0254 | 2.54×10^{-5} | 1 | 0.0833 |
| pie | 30.48 | 0.3048 | 3.048×10^{-4} | 12 | 1 |
| Milla t. | 1.609×10^5 | 1609 | 1.609 | 6.3346×10^4 | 5280 |

| MASA | | | | | |
|-----------|--------------------|-----------|-----------------------|------------|--------|
| | Gramo | Kilogramo | Slugg | Libra masa | Onza |
| gramo | 1 | .001 | 6.85×10^{-5} | .0022 | 0.0357 |
| Kilogramo | 1000 | 1 | 0.0685 | 2.2 | 35.71 |
| Slugg | 1.46×10^4 | 14.6 | 1 | 32.098 | 521.43 |
| Libramasa | 454 | 0.454 | 0.0031154 | 1 | 16.2 |
| Onza | 28 | .028 | .0019178 | .0617 | 1 |

| TIEMPO | | | | | |
|---------|---------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | segundo | minuto | hora | día | Año |
| segundo | 1 | 0.01667 | 2.78×10^{-4} | 1.16×10^{-5} | 3.17×10^{-8} |
| minuto | 60 | 1 | 0.01667 | 6.94×10^{-4} | 1.9×10^{-6} |
| hora | 3600 | 60 | 1 | 0.04167 | 0.0001141 |
| día | 86400 | 1440 | 24 | 1 | 0.002738 |
| Año | 3.156×10^7 | 5.26×10^5 | 8766 | 365.27 | 1 |

1.7 Lenguaje de las mediciones y conversiones

Equivalencias entre unidades de presión

| Unidad | atm | bar | kg/cm ² | mca | PSI | KPa (SI) |
|------------------------------|-------|-------|--------------------|--------|--------|----------|
| 1 atmósfera | 1 | 1,013 | 1,033 | 10,333 | 14,696 | 101,325 |
| 1 bar | 0,987 | 1 | 1,020 | 10,197 | 14,504 | 100 |
| 1 kg/cm ² | 0,968 | 0,981 | 1 | 10 | 14,223 | 98,067 |
| 1 metro columna de agua | 0,097 | 0,098 | 0,100 | 1 | 1,422 | 9,806 |
| 1 Libra por pulgada cuadrada | 0,068 | 0,069 | 0,070 | 0,703 | 1 | 6,895 |
| 1 Kilopascal (SI) | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,102 | 0,145 | 1 |

Dado que la diferencia entre algunas unidades es tan pequeña, a efectos prácticos, en fontanería doméstica se mantiene que:

$$1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 1 \text{ Kg/cm}^2 = 10 \text{ mca} = 100 \text{ KPa}$$

REFERENCIAS

1. **Ramírez Tapia, Moisés y Flores García, Aurelio.- “Metrología y Normalización”, Ed. I.P.N.**
2. **Gutiérrez-Aranzeta.-“Introducción a la Metodología Experimental”, Ed. Limusa**
3. **García Talavera, Guillermo.-“Generalidades sobre las Medidas”, Ed. I.P.N.**
4. **González, Carlos y Zeleny, Ramón.- “Metrología”, Ed. Mc. Graw Hill México, 2000**
5. **Kalpakjian-Schmidt.- “Manufactura, Ingeniería, y Tecnología” 4ta. edición.**
6. **Diario Oficial de la Federación; Ley Federal sobre Metrología y Normalización;**
7. **Perry Jonson L.; Meeting the New International Standard ISO 9000;**